

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Gorazd Štamcar

# **Razvoj sistema za nadzor doma**

DIPLOMSKO DELO  
UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM RAČUNALNIŠTVA  
IN INFORMATIKE

MENTOR: doc. dr. Mojca Ciglarič

Ljubljana, 2016



Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljane ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

*Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil  $\text{\LaTeX}$ .*



Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Pojasnite, kaj danes predstavlja pojem internet stvari. Opišite, kaj vse si lahko predstavljamo, ko govorimo o pametni hiši. Nato ta dva pojma povežite. Preučite obstoječe sisteme in komponente na področju pametnih hiš in zasnujte preprost sistem za nadzor doma, ki bo zgrajen iz nizkocenovnih komponent in odprtih tehnologij. Sistem tudi implementirajte in kritično ovrednotite.



## IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Gorazd Štamcar, z vpisno številko 63060236, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

*Razvoj sistema za nadzor doma*

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Mojce Ciglarič,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki "Dela FRI".

V Ljubljani, dne 12.7.2016

Podpis avtorja





*Zahvaljujem se puncu in družini, ker so mi stali ob strani v času študija.*

*Zahvaljujem se mentorici, doc. dr. Mojci Ciglarič, za pomoč in usmerjanje pri pisanju diplomskega dela.*



# Kazalo

Povzetek

Abstract

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Internet stvari</b>	<b>3</b>
2.1	Zgodovina interneta stvari . . . . .	5
2.2	Koncept interneta stvari . . . . .	5
2.3	Področja uporabe interneta stvari . . . . .	10
2.4	Varnost in zasebnost interneta stvari . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Pametna hiša</b>	<b>15</b>
3.1	Funkcionalnosti pametne hiše . . . . .	16
3.2	Protokoli za komunikacijo med napravami v pametnih hišah .	19
3.3	Pregled obstoječih sistemov na področju pametnih hiš . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Zasnova sistema za nadzor doma</b>	<b>25</b>
4.1	Arhitekturna zasnova sistema . . . . .	25
4.2	Funkcionalna zasnova sistema . . . . .	28
<b>5</b>	<b>Implementacija sistema za nadzor doma in prikaz delovanja</b>	<b>31</b>
5.1	Pregled ustrezne strojne opreme . . . . .	31
5.2	Pregled uporabljene programske opreme . . . . .	36
5.3	Implementacija programske opreme za strežnik . . . . .	37

5.4	Uporaba in implementacija programske opreme za podporno končno napravo . . . . .	39
5.5	Prikaz delovanja . . . . .	40
<b>6</b>	<b>Sklepne ugotovitve</b>	<b>45</b>
	<b>Kazalo slik</b>	<b>46</b>
	<b>Literatura</b>	<b>49</b>

# Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
<b>M2M</b>	Machine to Machine	Naprava z napravo
<b>WI-FI</b>	Wireless Fidelity	Brezžična povezljivost
<b>COAP</b>	Constrained Application Protocol	Omejen aplikacijski protokol
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection	Povezovanje odprtih sistemov
<b>IPSEC</b>	Internet Protocol Security	Varnostni internetni protokol
<b>TLS</b>	Transport Layer Security	Varnost transportne plasti
<b>DTLS</b>	Datagram Transport Layer Security	Varnost datagramske transportne plasti
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol	Protokol za nadzor prenosa
<b>PIR</b>	Passive Infra Red	Pasivni infrardeči
<b>LAN</b>	Local Area Network	Lokalno omrežje
<b>CSI</b>	Camera Serial Interface	Serijski vmesnik za kamero
<b>API</b>	Application Programming Interface	Vmesnik uporabniškega programa
<b>SD</b>	Secure Digital	Varna digitalna
<b>PHP</b>	Hypertext Preprocessor	Hipertekstovni predprocesor
<b>MJPEG</b>	Motion Joint Photographic Experts Group	Gibajoči JPEG
<b>FLAC</b>	Free Lossless Audio Codec	Prosti brezizgubni avdio kodek



# Povzetek

**Naslov:** Razvoj sistema za nadzor doma

Sistemi za pametni nadzor doma vključujejo raznovrstne senzorje, računalnike in naprave, ki so preko lokalnega omrežja povezane v centralni sistem. S tem je omogočeno centralno upravljanje z napravami v hiši. Upravljanje z napravami je mogoče tako lokalno kot tudi oddaljeno preko medmrežja. Sistemi na tržišču ponujajo širok spekter funkcionalnosti, vendar so cenovno nedostopni širši množici ljudi. Glavni cilj diplomskega dela je predstaviti razvoj enostavnega sistema, ki bo temeljil na odprti tehnologiji in imel ugodno ceno. S tem bo dostopnejši širši množici ljudi. V prvem delu diplomske naloge je predstavljen internet stvari skupaj z razlago možnih področij uporabe. Poleg tega so razloženi tudi modeli komunikacije v internetu stvari. Eno izmed možnih področij uporabe interneta stvari predstavljajo pametne hiše, ki jih bolj podrobno predstavimo v drugem delu diplomske naloge, vključno s pregledom obstoječih sistemov na tem področju. Glavni del naloge predstavlja razvoj enostavnega sistema za nadzor hiše. V tem poglavju je predstavljena zasnova sistema, izbira naprav in komponent, ki sestavljajo sistem, implementacija in prikaz delovanja. V zaključku so podane ugotovitve o razvitem sistemu in možnosti za nadgradnjo.

**Ključne besede:** internet stvari, pametna hiša, senzorji, sistemi za nadzor pametne hiše, Raspberry Pi.





# Abstract

**Title:** Development of a home control system

Smart home control systems include a variety of sensors, computers and devices that are connected through the local network to the central system. This enables central management of devices in the house. Device management can be done locally or remotely through the use of Internet. Systems, available on the market, offer a wide range of functionalities but are unreachable to larger population due to high price. Our goal is to develop a simple system, which uses open technologies and has a low price. The system would be affordable for more potential users. The first part of the thesis presents the Internet of Things together with possible fields of application. In addition, it explains the models of communication in the Internet of Things. One of the possible uses of the Internet of things is a smart home, which is explained in detail in the second part of the thesis, including a review of existing smart home systems. The main part of the thesis describes the development of a simple home control system. This part explains the system design, selection of devices and components which compose the system, implementation and demonstration. In conclusion we summarize our work and review further improvement options.

**Keywords:** Internet of Things, smart home, sensors, systems for smart home, Raspberry Pi.



# Poglavje 1

## Uvod

Danes živimo v informacijski dobi in že sama besedna zveza nakazuje, kako veliko vlogo predstavljajo informacije. Internet stvari je eno izmed področij, ki prinaša ogromne količine podatkov (Big Data). Z analizo in ovrednotenjem vseh informacij, ki bodo pridobljene s pomočjo interneta stvari, bomo pridobili nova znanja.

Iskanje pojma internet stvari na spletnem iskalniku Google je od leta 2014 v porastu. To ponazarja, da je internet stvari čedalje aktualnejše področje.[1]

Internet stvari predstavlja evolucijo medmrežja. Prvotno je bilo medmrežje namenjeno povezovanju računalnikov, sedaj pa se na medmrežje povezujejo vsakdanje elektronske naprave. Velik pomen v internetu stvari predstavlja komunikacija naprava z napravo, ki naj bi po raziskavah v naslednjih letih predstavljala glavnino medmrežne komunikacije.

Pametne hiše so eno izmed ožjih področij uporabe interneta stvari. Take vrste hiše predstavljajo prednost pred klasičnimi hišami, saj vsebujejo senzorje in naprave, ki prinašajo dodatno udobje, varnost in energijsko varčnost.

V osrednjem delu diplomske naloge je podrobneje predstavljeno področje

pametnih hiš. Seznanili se bomo s tehnologijami, ki so uporabljene v takih hišah in kakšne funkcionalnosti take hiše ponujajo. Pregledali bomo tržišče, na katerem že obstajajo sistemi za pametno hišo, in izbrali nekatere funkcionalnosti, ki jih bomo vključili pri razvoju lastnega sistema.

Naš cilj predstavlja razvoj enostavnega sistema za nadzor hiše, ki bo cenovno ugodnejši kot sistemi na tržišču ter posledično dostopnejši širši množici ljudi. Začeli bomo z arhitekturno in funkcijsko zasnovo sistema ter pregledom izbrane platforme in orodij, s katerimi smo razvili ta sistem. Nato sledi podrobni opis implementacije in prikaz delovanja s pomočjo zaslonskih mask.

Zaključek diplomske naloge vsebuje ovrednotenje razvitega sistema ter možnosti za nadaljni razvoj.

## Poglavje 2

# Internet stvari

Internet stvari predstavlja vizijo, v kateri se medmrežje razširi iz virtualnega sveta v fizični svet in zajema vsakodnevne naprave. Fizični objekti tako niso več ločeni od virtualnega sveta, pač pa jih je možno oddaljeno upravljati in predstavljajo fizično dostopno točko v svet medmrežnih storitev.

V literaturi najdemo veliko definicij za pojem internet stvari, vendar se stroka še ni poenotila, katera od teh je najbolj ustrezna.

Organizacija ITU (International Telecommunication Union) je podala predlog, da je pojem internet stvari definiran na sledeč način:

Internet stvari predstavlja globalno infrastrukturo za informacijsko družbo, s pomočjo katere omogočimo kompleksnejše storitve z uporabo medsebojno (fizično ali virtualno) povezanih stvari, ki uporabljajo obstoječe in razvijajoče komunikacijske tehnologije.[2]

Prav tako so definirali pojem stvari, ki predstavljajo fizične ali virtualne objekte, ki so se zmožni identificirati in so povezani v omrežje.

Ameriški inštitut za standarde in tehnologijo (NIST) prav tako ne podaja definicije pojma, pač pa le opis:

Internet stvari so interaktivna omrežja fizičnih in virtualnih komponent,

ki predstavljalo temelj infrastrukture in postavljajo osnovo prihodnjih storitev. Uporaba interneta stvari obljublja boljšo storilnost in interakcijo med računalniškimi omrežji in fizičnim svetom z namenom izboljšanja kvalitete življenja. [3]

Zgoraj navedeni razlagi sta eni izmed mnogih[3], ki internet stvari poenostavljeno predstavljajo kot omrežje povezanih naprav, v podjetju Cisco pa je skupina IBSG (Internet Business Solutions Group) pojem enostavno definirala kot časovno točko, v kateri je število naprav, povezanih na medmrežje, preseglo število svetovne populacije. Ta točka je bila dosežena med letoma 2008 in 2009[4].

Vizija interneta stvari temelji na tem, da se bodo napredki v mikroelektroniki, komunikaciji in informacijski tehnologiji v naslednjih letih še nadaljevali. Zaradi manjše velikosti, ugodnejših cen in manjše porabe energije se procesorji, komunikacijske komponente in ostale elektronske komponente že danes vgrajuje v vsakodnevne stvari, kot so ure, hladilniki in televizije.

Medmrežna komunikacija vsakodnevnih stvari je lahko uporabljena za oddaljeno določanje njihovega stanja, zato bi lahko informacijski sistemi zbirali informacije o objektih in podpornih procesih. To ne predstavlja samo boljšega razumevanja procesov, pač pa tudi zmožnost boljšega upravljanja. Zmožnost avtomatskega odgovora na dogodke, ki so se zgodili v fizičnem svetu, omogoča poleg novih možnosti nadzora pri kritičnih in kompleksnih situacijah tudi optimizacijo poslovnih procesov. Interpretacija informacij v realnem času bo zelo verjetno vodila k novim poslovnim storitvam in tako vplivala na ekonomske in socialne koristi.

## 2.1 Zgodovina interneta stvari

Pojem internet stvari je bil prvič uporabljen leta 1999, ko je britanski inženir Kevin Ashton opisal pojem kot sistem, v katerem so objekti v fizičnem svetu povezani v virtualni svet preko medmrežja.[5]

Pojem internet stvari je relativno nov, koncept povezovanja stvari z omrežjem z namenom oddaljenega nadzorovanja in upravljanja pa obstaja že desetletja. V poznih 70. letih prejšnjega stoletja so že obstajali sistemi za oddaljeni nadzor števec na električni napeljavi z uporabo komunikacije preko telefonske linije. V 90. letih prejšnjega stoletja pa so napredki v brezžični tehnologiji omogočili razvoj brezžične komunikacije stroja s strojem (M2M - Machine-to-Machine), kar je predstavilo nove poslovne in industrijske rešitve za oddaljeni nadzor in upravljanje.

Prva naprava, ki spada na področje interneta stvari, je toaster, ki je bil predstavljen leta 1990 na Internetni konferenci in je omogočal oddaljen vklop in izklop naprave. V naslednjih nekaj letih je nastalo veliko novih omrežno povezanih naprav, med njimi avtomat za pijačo na Univerzi Camegie Mellon in kavni avtomat na Univerzi Cambridge.

Navedene naprave so predstavljale temelj za nadaljnji razvoj interneta stvari.

## 2.2 Koncept interneta stvari

[6]Koncept interneta stvari ne predstavlja samo razvoja omrežja, ki povezuje računalnike z objekti in programske opreme, potrebne za delovanje omrežja, pač pa tudi vse ostalo, kar je potrebno za ustvarjanje interneta stvari. Koncept tako vključuje cenovno ugodne strojne rešitve, omrežno programsko opremo in protokole, poleg tega pa tudi jezike za opisovanje objektov v načinu, ki ga razumejo računalniki. Pomembno je, da se zavedamo, da koncept ne opisuje razvoja novega svetovnega omrežja, pač pa razvoj ele-

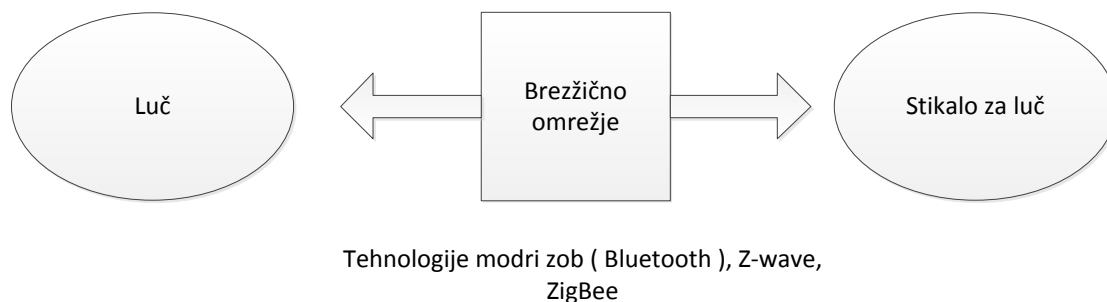
mentov, ki nadgradijo trenutno medmrežje, da omogoča sledenje objektom in prenašanje podatkov preko medmrežja.

[8]Kot smo že omenili, koncept vključuje več elementov, vendar brez možnosti komunikacije naprav z medmrežjem internet stvari ne more obstajati. Koncept interneta stvari vključuje štiri modele komunikacije, ki jih bomo predstavili:

- komunikacija naprave z napravo,
- komunikacija naprave z oblakom,
- komunikacija naprave s prehodom,
- komunikacija preko skupnih podatkov.

### 2.2.1 Modeli komunikacije interneta stvari

#### Komunikacija naprave z napravo



Slika 2.1: Shema modela komunikacije naprave z napravo

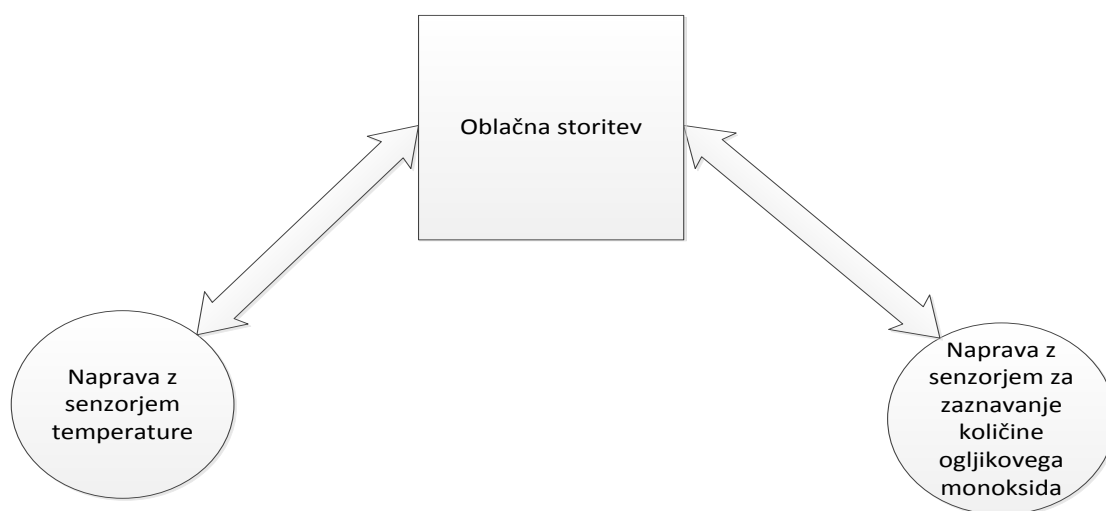
Model omogoča neposredno povezovanje in komuniciranje naprave z napravo. Prenos podatkov med napravama najpogosteje poteka z uporabo brezžičnih tehnologij, kot so modri zob (BlueTooth), tehnologija Z-wave in tehnologija ZigBee. Slika 2.1 prikazuje shemo delovanja takega modela.



Največkrat je ta vrsta komunikacije uporabljena v pametnih hišah, poleg tega pa jo uporabljajo tudi prenosne in nosljive naprave, kot so pametne ure in pametne zapestnice.

Tak model uporablja vozlišče SmartThings podjetja Samsung[12], ki navedene brezžične tehnologije uporablja za komunikacijo s končnimi napravami, kot so luči.

### Komunikacija naprave z računalniškim oblakom



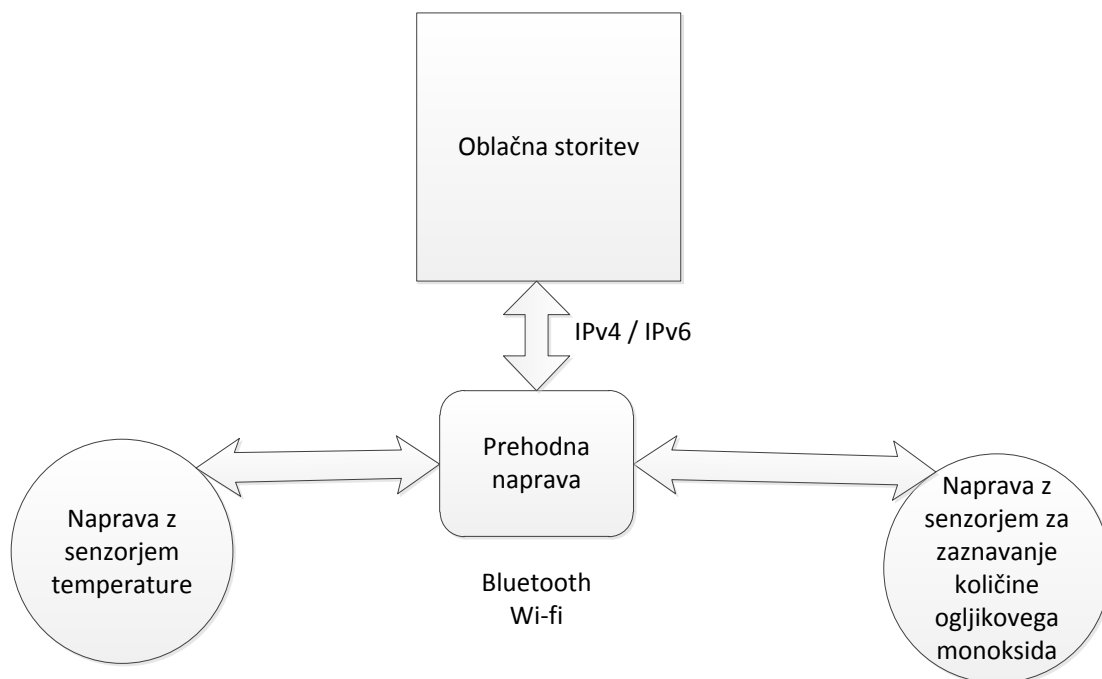
Slika 2.2: Shema modela komunikacije naprave z računalniškim oblakom

Na sliki 2.2 je prikazana shema modela komunikacije naprave z oblakom, kjer se naprava neposredno poveže z oblačno storitvijo. Ta način povezovanja največkrat uporablja žično tehnologijo Ethernet ali brezžično tehnologijo Wi-fi, kar predstavlja povezavo na medmrežje in posredno povezavo v oblačno storitev.

Naprava, povezana v oblacho storitev, omogoča uporabnikom njeno oddaljeno upravljanje preko spletnega vmesnika ali preko aplikacije za mobilni telefon ali tablico.

Primeri takih naprav sta termostati podjetja Nest, ki omogoča oddaljeno upravljanje ogrevanja prostorov hiše, in pametna televizija podjetja Samsung, ki dodatne medijske vsebine pridobi iz oblachne storitve [10, 11].

### Komunikacija naprave s preходом



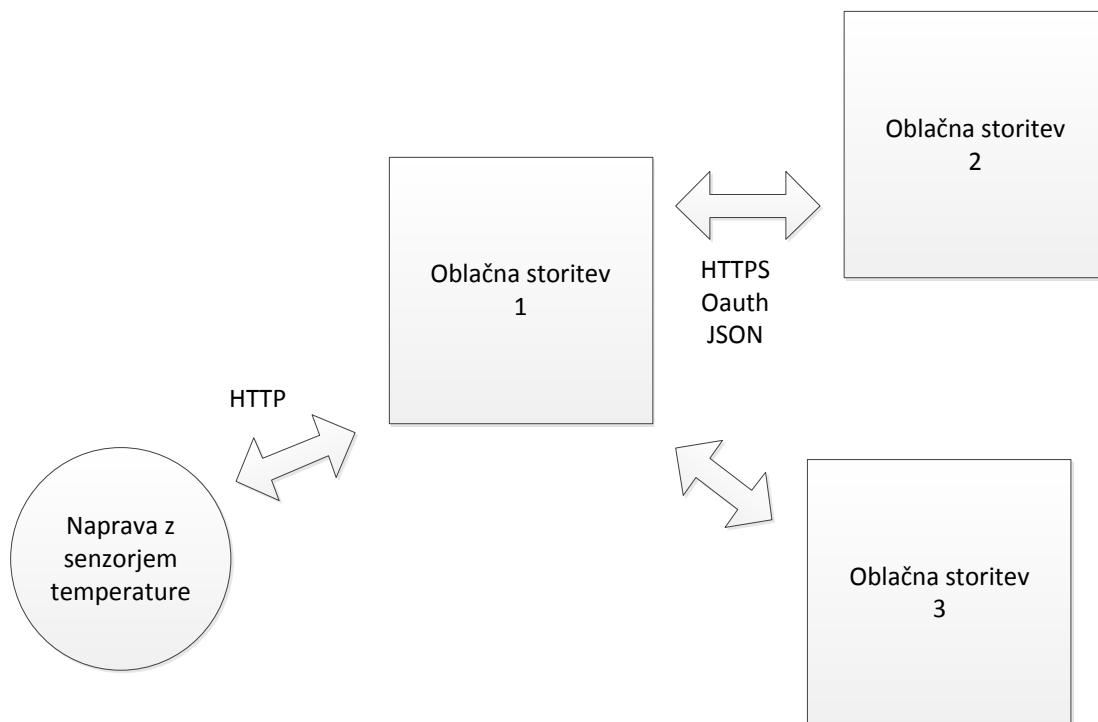
Slika 2.3: Shema modela komunikacije naprave s preходом

V takem modelu komunikacije se naprava poveže do prehodne naprave, ki zagotavlja povezljivost z oblachno storitvijo. Ta model pogosto uporablja programsko opremo, ki teče na lokalni prehodni napravi, ki predstavlja vmesni

člen med napravo interneta stvari in oblačno storitvijo. Shema delovanja je prikazana na sliki 2.3.

Primeri takih naprav so pametna ura Garmin, ki za nalaganje zajetih podatkov v oblačno storitev uporabi prehod preko aplikacije na mobilnem telefonu ali tablici in pametne naprave Samsung SmartThings, ki komunikacijo z oblačno storitvijo vzpostavi preko Samsung SmartThings prehoda.[13, 12]

### Komunikacija preko skupnih podatkov



Slika 2.4: Shema modela komunikacije preko skupnih podatkov

Model komunikacije preko skupnih podatkov razširja model komunikacije ene naprave z računalniškim oblakom z namenom zagotavljanja dostopa do naprave in podatkov različnim oblačnim storitvam. To vrsto delovanja pri-

kazuje shema 2.4.

Primer uporabe takega modela komunikacije predstavlja analiza električne porabe naprav, ki so povezane na medmrežje v neki stavbi. Običajno je naprava povezana v oblachno storitev, v kateri se nahajo podatki o napravi. Oblachne storitve med sabo ne izmenujejo podatkov o napravah, z uporabo komunikacije preko skupnih podatkov pa bi imele storitve možnost vpogleda podatkov o napravi tudi na drugih oblachnih storitvah. S tem bi lahko opravili celotno analizo porabe električne energije.

## 2.3 Področja uporabe interneta stvari

Raziskave kažejo, da uporaba interneta stvari narašča. Njihova uporaba ima vpliv tako na posameznika kot tudi na mesta in celo svet. [7]Primeri, opisani v nadaljevanju, prikazujejo le nekaj možnosti uporabe, ki jih prinaša internet stvari.

- Industrija

Proizvodnja bi lahko bila ena izmed industrij, ki bi veliko pridobila z uporabo interneta stvari. Procesu proizvodnje izdelka bi z uporabo tehnologije RFID in komunikacije s centralnim sistemom sledili od začetka do konca. S temi informacijami bi lahko med drugim optimizirali transport surovin in distribucijo končnih izdelkov.

Na področju kmetijstva je že v uporabi internet stvari. Za nadzor živine in kmetijske opreme se uporablja tehnologija GPS, ki sporoča trenutne lokacije živine in opreme centralnemu sistemu. Poleg uporabe tehnologije GPS, se uporabljajo tudi raznovrstni senzorji, ki merijo temperaturo, vlago in druge dejavnike, ki vplivajo na rast poljšin. Podatki, pridobljeni s pomočjo senzorjev, se pošljejo centralnemu sistemu, ki jih analizira.

- Zdravje

Zdravstvene organizacije svetujejo vsaj 30 minut zmerne telesne aktivnosti dnevno. Veliko ljudi že uporablja pametne ure ali pametne zapestnice, ki štejejo korake in hkrati merijo srčni utrip med tekom ali drugo aktivnostjo. S tem uporabniki pridobijo boljši pregled nad dnevnimi aktivnostmi.

Nastajajo tudi nove ideje za uporabo interneta stvari v zdravstvene namene, eno izmed njih je že naredilo podjetje Intel, ki meri, koliko se bolniki, ki imajo Parkinsonovo bolezen, tresejo. S tem pridobijo več podatkov in bolj natančne podatke, kot bi jih bolnik lahko napisal na list papirja. Poleg tega obstaja tudi nadzorni sistem podjetja Sonamba, ki dnevno meri aktivnost starejših ali bolnih ljudi, pri čemer je pozornost usmerjena na kakršnekoli anomalije ali spremembe. Seveda sta zgoraj primera le dva izmed mnogih primerov uporabe interneta stvari na področju zdravja.

- Pametna mesta

Mesta bi lahko avtomatizirala prometni nadzor, distribucijo vode, upravljanje z odpadki ter nadzor nad mestom in okoljem. Z uporabo pametnih sistemov bi zmanjšali prometne zastoje, onesneževanje in povečali varnost mesta. To bi dosegli z uporabo raznovrstnih senzorjev, ki bi pridobljene podatke pošiljali centralnemu sistemu.

- Pametni nadzor naravnih katastrof

V primeru, da bi lahko vedeli, kateri pogoji predstavljajo začetek požara (z uporabo senzoričnih omrežij), bi lahko posredovali, še preden bi se požar razširil, ali pa bi ga lahko celo preprečili. Sistem za preprečitev

požara je zgolj primer, ki bi uporabljal to tehnologijo, prirejen sistem pa bi lahko uporabljali za opozarjanje pred potresi, zemljskimi plazovi in drugimi naravnimi katastrofami.

## 2.4 Varnost in zasebnost interneta stvari

Vsaka naprava, priključena v medmrežje, lahko predstavlja varnostno grožnjo, zato moramo zagotoviti lastnosti informacijske varnosti, ki v svetu interneta stvari predstavljajo zaupnost, razpoložljivost, avtentikacijo in zaščito pred ponovnim pošiljanjem.

- **Zaupnost**

Zaupnost vključuje dve temeljni lastnosti. Prva lastnost zaupnosti mora zagotavljati prenos podatkov med dvema napravama, pri tem pa nobena od vmesnih naprav, ki sodeluje pri prenosu, ne sme imeti vplogleda v podatke, ki jih prenaša. Druga lastnost zaupnosti pa predstavlja dostop do podatkov. Dostop je lahko omogočen samo tistim, ki imajo pooblastilo za dostop do podatkov.

- **Neokrnjenost ali integriteta podatkov**

V informacijski varnosti integriteta podatkov pomeni, da podatki ostanejo enaki od samega začetka do konca prenosa podatkov. To pomeni, da se podatki ne spreminjajo brez ustrezne avtorizacije ali brez zaznanih sprememb.

- **Razpoložljivost**

Lastnost razpoložljivosti pomeni, da morajo biti podatki in storitve na voljo takrat, ko jih potrebujemo. Zagotovljeni morajo biti varnostni mehanizmi, ki zlonamernim uporabnikom preprečujejo dostop do podatkov in onemogočenje storive.

- **Avtentikacija**

Napravi, ki komunicirata med sabo, morata s pomočjo avtentikacije zagotoviti, da sta res to, za kar se predstavljata.

- Zaščita pred ponovnim pošiljanjem ali svežina podatkov

Sistemi, ki so že bili napadeni, morajo imeti zaščito pred ponovnim pošiljanjem podatkov, saj bi le-ti lahko bili zastareli.

Naprave, ki spadajo na področje interneta stvari, velikokrat zaradi omejene procesorske moči, omejene električne energije ali drugih omejitev ne zmorejo uporabljati klasičnih mehanizmov za zagotavljanje varnosti in zasebnosti, kot jih uporabljajo računalniki, povezani v medmrežje, zato so nastali tako imenovani lahki protokoli [9]. Primera takih protokolov sta MQTT (MQ Telemetry Transport) in CoAP (Constrained Application Protocol). Oba protokola definirata mehanizme varnosti na aplikacijski plasti modela OSI, varnost nižjih plasti pa je zagotovljena z uporabo že obstoječih mehanizmov. Na povezovalni plasti so običajno uporabljeni varnostni mehanizmi, ki jih zajema standard IEEE 802.15.4, na omrežni plasti pa z uporabo družine protokolov IPsec (IP Security). Varnost transportne plasti je zagotovljena z uporabo protokolov TLS (MQTT) ali DTLS (CoAP).





## Poglavje 3

### Pametna hiša



Slika 3.1: Pametna hiša

Na sliki 3.1 vidimo primer pametne hiše. Hiša vsebuje različne vrste senzorjev, računalnike, klimatske naprave in druge naprave, ki so povezane na lokalno omrežje. To nam omogoča tako oddaljeno kot tudi lokalno centralno upravljanje celotne hiše in avtomatizacijo določenih hišnih opravil (npr. dvigovanje in spuščanje okenskih rolet ob določenih urah).

Sistemi, ki klasično hišo nadgradijo v pametno hišo, omogočajo ogromno

funkcionalnosti, nekaj jih bomo predstavili v naslednjem poglavju. Običajno sistem pametne hiše sestavljata najmanj dve komponenti. Eno komponento predstavlja pametni centralni sistem, drugo komponento pa predstavljajo končne naprave. Pametni centralni sistem sledi uporabnikovim navadam in prilagaja upravljanje končnih naprav.

Tovrstne hiše spadajo v ožje področje uporabe interneta stvari. V pametnih hišah naprave največkrat komunicirajo z uporabo dveh modelov komunikacije, to sta komunikacija naprave z napravo in komunikacija naprave s prehodom.

Omrežje naprav v pametnih hišah lahko ločimo glede na uporabo komunikacijskih kanalov. Ukazi in podatki v omrežju se prenašajo preko električnega omrežja, ločenega namenskega omrežja, dandanes pa se večinoma prenašajo brezžično.

Komunikacija znotraj pametne hiše ima določene protokole za vse omenjene tipe komunikacije, predstavili pa bomo najbolj pogosto uporabljene brezžične tehnologije. Te smo izbrali zaradi lažje nadgradnje obstoječe hiše v pametno hišo, kjer ne posegamo v samo zgradbo hiše:

- protokol ZigBee,
- protokol Z-Wave,
- protokol Wi-fi,
- protokol Insteon.

### **3.1 Funkcionalnosti pametne hiše**

Za doseganje omenjenih lastnosti pametnih hiš obstajajo kompleksni sistemi, ki s pomočjo umetne inteligence prilagajajo hišo uporabnikovim navadam.

V nadaljevanju je opisanih le nekaj funkcionalnosti, ki jih omogočajo taki sistemi.

- Nadzor nad ogrevanjem, prezračevanjem in hlajenjem

Z inteligentnim sistemom za nadzor nad ogrevanjem, prezračevanjem in hlajenjem ne pridobimo samo oddaljenega nadzora, sistem se tudi prilagaja uporabnikovim navadam, kar nam prinese manjše stroške. Sistem avtomatsko zvišuje in znižuje temperaturo prostorov v hiši, s čimer se prilagodi uporabniku in zmanjša nepotrebno segrevanje ali ohlajevanje hiše, ko uporabnika ni.

- Nadzor nad lučmi

Nadzor nad lučmi nam omogoča, da lokalno ali oddaljeno prižgemo posamezno luč ali skupino luči in prilagodimo svetilnost posameznih luči. V primeru, da se v prostoru nahajajo tudi senzorji za zaznavanje premikanja, centralni sistem avtomatsko prižge ali ugasne luči, odvisno od lokacije uporabnika.

- Nadzor nad kuhinjskimi aparati

Kuhinjske aparate lahko oddaljeno nadzorujemo, prav tako pa lahko nastavimo časovnike, ki vklaplajo ali izklaplajo aparate.

- Nadzor nad senčili in roletami

Senčila in rolete lahko oddaljeno preko medmrežja spuščamo ali dvigujemo, poleg tega pa lahko nastavimo avtomatsko zasenčitev ob določenih urah.

- Nadzor in upravljanje alarmnega sistema

Varnostne kamere, pametne ključavnice, senzorji za zaznavanje premikanja in drugi varnostni mehanizmi so sestavni del alarmnega sistema pametne hiše. Uporabniki tako pridobijo pogled zunanosti in notranjosti pametne hiše praktično kjerkoli na svetu. Z uporabo pametne

ključavnice uporabniki ne potrebujejo fizičnega ključa, saj vseskozi potujejo z virtualnim, ki je shranjen na pametnem telefonu. Uporabnik tako ne potrebuje odklepiti ključavnice, saj za to poskrbi že sistem.

- Nadzor in upravljanje multimedijskih sistemov

Upravljanje multimedijskih sistemov iz katerekoli sobe v hiši že samo po sebi predstavlja prednost. Pametni sistemi predvajajo uporabnikovo priljubljeno radijsko postajo ali shranjeno glasbo, sistemi pa omogočajo tudi predvajanje najljubših multimedijskih vsebin.

- Nadzor nad bazenom

Uporabnik na poti domov vključi ogrevanje bazena, ob prihodu pa je bazen že pripravljen za plavanje.

## 3.2 Protokoli za komunikacijo med napravami v pametnih hišah

### 3.2.1 Protokol ZigBee

po modelu OSI definira plasti od omrežne plasti do aplikacijske plasti, poleg tega pa uporablja specifikacijo pravil IEEE 802.15.4, ki definira povezovalno in fizično plast.[15] Protokol ZigBee

Omrežje naprav ZigBee se uporablja v okoljih, kjer je potrebna majhna poraba električne energije in ki dopuščajo manjšo hitrost prenosa podatkov.

Kot prikazuje slika 3.2.1, je omrežje ZigBee sestavljeno iz treh vrst naprav: upravljalne naprave, usmerjevalne naprave in končne naprave.

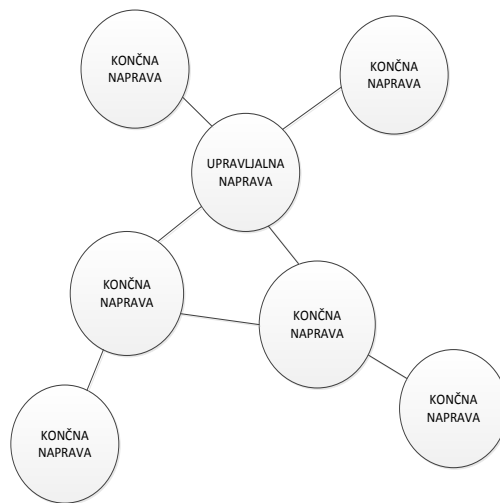


Slika 3.2: Topologija omrežja Zigbee

### 3.2.2 Protokol Z-Wave

Protokol Z-Wave je lastniški protokol, ki definira vse plasti modela OSI. Protokol je v osnovi namenjen komunikaciji med napravami pametne hiše.[16]

Omrežje Z-wave prav tako uporablja polno topologijo kot protokol ZigBee, vendar omrežje vsebuje le dve vrsti naprav, kot je prikazano na sliki 3.2.2. V omrežju Z-wave vsaka končna naprava ali suženj deluje kot sprejemnik in oddajnik.

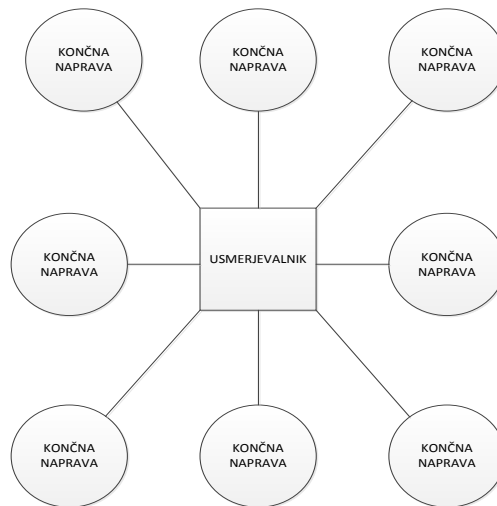


Slika 3.3: Topologija omrežja Z-wave

### 3.2.3 Protokol Wi-fi

Wi-fi je brezžična tehnologija, ki temelji na standardu IEEE 802.11 in omogoča, da se naprava brezžično poveže na medmrežje[17]. Trenutno je v razvoju standard IEEE 802.11ah, namenjen internetu stvari, ki bo imel manjšo porabo energije. Standard IEEE 802.11 definira fizično in povezovalno plast, višje plasti pa so definirane s standardnim protokolom TCP/IP.

Omrežje, sestavljeno iz naprav, ki se povezujejo z uporabo tehnologije Wi-fi, deluje po zvezdni topologiji. Sredinska točka predstavlja dostopno točko, vse ostale točke pa so končne naprave, ki se povezujejo na dostopno točko. Tako topologijo prikazuje slika 3.2.3.



Slika 3.4: Topologija omrežja Wi-fi

### 3.2.4 Protokol Insteon

Protokol Insteon je prav tako lastniški protokol in definira vse plasti modela OSI. Tudi ta protokol je v osnovi namenjen komunikaciji med napravami v pametni hiši. Protokol definira dva medija, po katerih se pošiljajo ukazi, to sta električna napeljava in brezžično omrežje.

Brezžično omrežje Insteon uporablja polno topologijo, deluje pa po enakem principu kot omrežje Z-wave, kar pomeni, da imamo glavno upravljalno napravo in končne naprave.

### 3.3 Pregled obstoječih sistemov na področju pametnih hiš

Na tržišču obstaja ogromno proizvodov, ki uporabljajo enega izmed obravnavanih protokolov. V pregledu obstoječih sistemov bomo predstavili štiri sisteme pametne hiše. Vsak sistem vsebuje štiri proizvode. En proizvod bo predstavljal centralni upravljalni sistem, ostali trije pa končne naprave, pri čemer vsaka od njih na svojem področju prispeva k lastnostim pametnih hiš (večja varnost, večje udobje in večja varčnost). Izbrali bomo kamere, ki zastopajo večjo varnost, luči, ki jih je možno upravljati na daljavo in predstavljajo večje udobje, in detektor gibanja. Detektor gibanja v povezavi z lučjo predstavlja lastnost varčnosti, saj lahko sistem samodejno prižge luč, ko se uporabnik nahaja v bližini senzorja, in izključi luč, ko se uporabnik več ne nahaja v bližini. Izbira predstavlja najbolj ugodne naprave posameznega protokola.

#### 3.3.1 Proizvodi, ki uporabljajo protokol Z-Wave

- Centralni upravljalni sistem Staples connect gub,
- luč Linear PS15-2,
- kamera RC8021 Wireless Fixed IP Camera,
- senzor za gibanje Motion Detector Vision Security.

Sistem, osnovan na tehnologiji Z-wave, sestoji iz centralnega sistema Staples connect hub, ki predstavlja osrednji sistem pametne hiše in dostopno točko za oddaljeno upravljanje. Poleg osrednjega sistema smo izbrali luč Linear PS15-2, ki omogoča oddaljeno upravljanje. Za varnost in varčnost je poskrbljeno s priključenima napravama, kamero in senzorjem za zaznavanje premikanja. Varnostna kamera ne vsebuje snemanja v visoki ločljivosti, kar je glavna slabost sistema.



### 3.3.2 Proizvodi, ki uporabljajo protokol ZigBee

- Centralni upravljalni sistem Schneider Electric EER21100 Wiser Zigbee Gateway Router,
- luč Cree Connected 60W,
- senzor za zaznavanje premikanja NHR PIR motion detector.

Sistem ne vsebuje kamere, saj maksimalna hitrost protokola (250 kbit/s v optimalnih razmerah) ne omogoča zanesljivega prenosa videa na daljavo. Sistem vključuje centralni sistem, ki omogoča oddaljeni dostop. V sistem je priključen senzor gibanja, ki zazna objekte na razdalji do desetih metrov, kar omogoča avtomatsko prižiganje luči. Luč, ki smo jo izbrali, prav tako omogoča oddaljeno upravljanje, poleg tega pa omogoča tudi nastavljivo svetilnost.

### 3.3.3 Proizvodi, ki uporabljajo protokol Wi-fi

- Centralni upravljalni sistem Samsung SmartThings Hub,
- luč in senzor za zaznavanje premikanja Belkin WeMo Switch + Motion,
- kamera D-Link DCS-2132L.

Centralni sistem za upravljanje sicer omogoča več različnih protokolov (Zigbee, Z-Wave, Wi-fi) za komunikacijo, vendar smo za končne naprave izbrali tiste, ki komunicirajo z uporabo domačega omrežja (LAN) in so kompatibilne s centralno enoto. Belkinov komplet ne vsebuje luči, pač pa namesto tega ponuja električni vhod, ki ga lahko krmilimo na daljavo. Na vhod lahko priključimo luč in s tem dobimo iskano funkcionalnost, prižig luči na daljavo. Senzor gibanja, ki je vključen v komplet, zaznava premikanje do razdalje treh metrov. Poleg naštetih naprav sistem vsebuje tudi kamero. Funkcionalnosti kamere obsegajo pogled slike na daljavo, lokalno shranjevanje posnetkov, snemanje v nočnem načinu in visoko kvaliteto slike (HD).

### 3.3.4 Proizvodi, ki uporabljajo protokol Insteon

- Centralni upravljalni sistem Insteon Hub,
- luč Insteon A19 8W,
- kamera Insteon HD 720P IP camera,
- senzor za zaznavanje premikanja Insteon motion sensor.

Insteon Hub predstavlja dostopno točko za oddaljeni nadzor doma in sistem za avtomatizacijo z uporabo časovnikov. Luč, ki smo jo izbrali, predstavlja zamenjavo klasične žarnice in jo nadgradi tako, da omogoči oddaljeni nadzor. V sistem smo vključili tudi senzor za zaznavanje premikanja, ki zaznava premikanje do razdalje dvanajstih metrov. Senzor tako omogoči avtomatsko prižiganje in ugašanje luči. Za pogled v notranjost hiše smo izbrali kamero, ki omogoča pogled na daljavo, snemanje v nočnem načinu, snemanje v visoki ločljivosti (HD), poleg tega pa kamera vsebuje tudi vgrajena mikrofona in zvočnik.

### 3.3.5 Ugotovitve

Predstavljeni sistemi stanejo med 200 in 400 evri. Najbolj ugoden je sistem, ki za komunikacijo uporablja protokol Zigbee, vendar ne vsebuje zastavljene funkcionalnosti, saj je protokol prepočasen, da bi lahko zanesljivo prenašal sliko na daljavo. Najdražji sistem v našem izboru je sistem, ki uporablja protokol Wi-fi.

Cilj diplomske naloge je izdelati enostaven sistem za nadzor doma, ki temelji na uporabi odprtokodnih tehnologij. Sistem mora omogočati funkcionalnosti, primerljive s predstavljenimi sistemi, hkrati pa mora biti cenovno ugodnejši.

## Poglavje 4

# Zasnova sistema za nadzor doma

### 4.1 Arhitekturna zasnova sistema

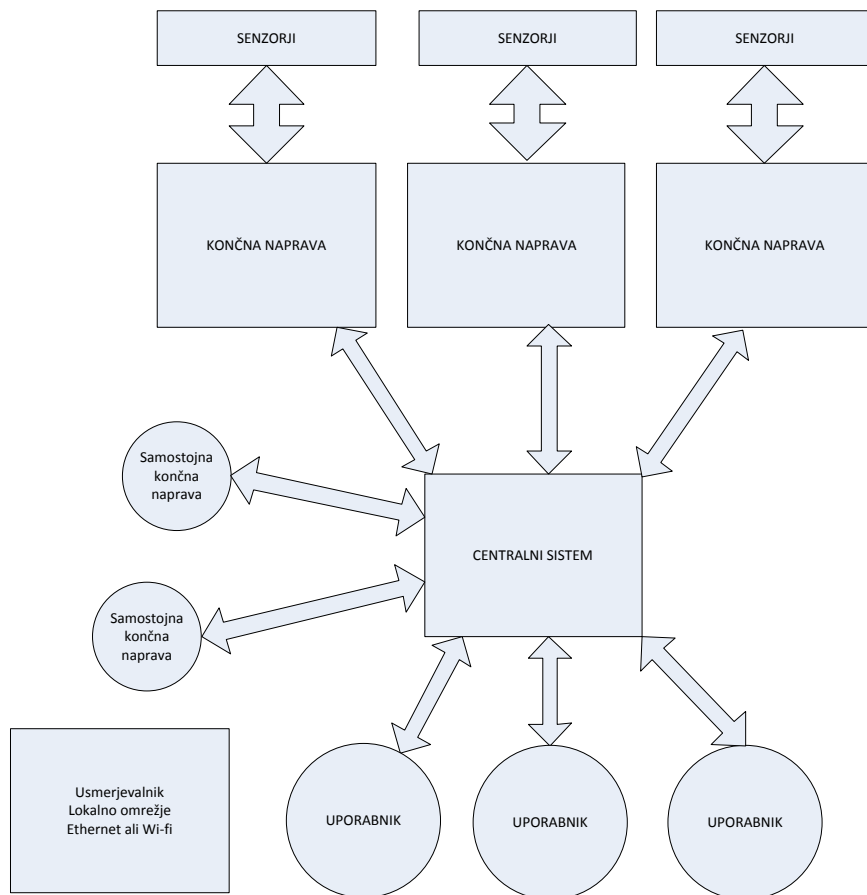
Sistem za nadzor doma vsebuje tri podsisteme, kot je prikazano na sliki 4.1. Prvi podsystem predstavlja končne naprave, ki komunicirajo z drugim podsystemom, ki ga predstavlja centralni sistem. Tretji podsystem predstavljajo uporabnikove naprave, ki s pomočjo centralnega sistema upravljajo s končnimi napravami.

#### 4.1.1 Centralni sistem

Centralni sistem, vsebovan v sistemu za nadzor doma, predstavlja most za komunikacijo uporabnika s končno napravo. Poenostavljeno centralni sistem predstavlja računalnik, na katerem teče spletni in podatkovni strežnik. Komunikacija med končnimi uporabniki in končno napravo poteka znotraj lokalnega omrežja z uporabo žične in brezžične povezave.

Centralni sistem opravlja sledeče naloge:

- povezovanje končnih naprav,
- procesiranje ukazov, sproženih preko spletnega vmesnika,



Slika 4.1: Arhitekturna zasnova sistema

- procesiranje ukazov in shranjevanje informacij, sproženih preko končne naprave,
- shranjevanje podatkov o stanju sistema in priključenih končnih naprav.

#### 4.1.2 Končne naprave

Končne naprave lahko razdelimo v dve kategoriji. Prva kategorija predstavlja samostojne naprave, drugo kategorijo pa predstavljajo podporne naprave, na katere so priključeni senzorji. Obe vrsti naprav komunicirata s centralnim sistemom. Sistemu za nadzor doma lahko vsebuje poljubno število končnih

naprav.

Na tržišču obstaja veliko število mini računalnikov, s katerimi bi lahko razvili sistem pametne hiše. Vsak izmed mini računalnikov ima prednosti in slabosti. Odločitev za izbiro naprave je temeljila na sledečih kriterijih:

- enostavna povezljivost do medmrežja,
- enostavna priključitev kamere in senzorjev,
- ugodna cena.

Na polagi teh kriterijev smo imeli v ožjem izboru sledeče mini računalnike:

- Raspberry Pi[19],
- Arduino Uno[20],
- BeagleBone Black[21].

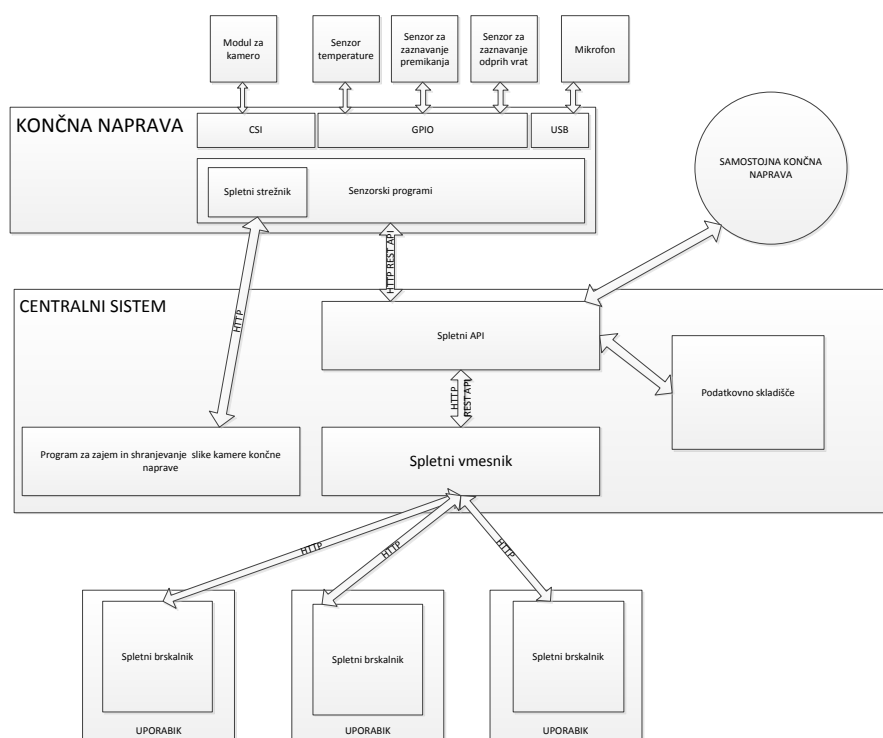
Za razvoj sistema pametne hiše smo izbrali mini računalnik Raspberry Pi. Računalnik ponuja povezljivost na medmrežje z uporabo Ethernet priključka, ima namenski priključek za kamero, potrebne priključke za priključitev senzorjev, poleg naštetega pa tudi ugodno ceno. Arduino Uno ne vsebuje tehnologije za povezovanje na medmrežje. Poleg tega priključitev kamere na Arduinu zaradi namenskega priključka CSI ni tako enostavna, kot je na računalniku Raspberry Pi. Beaglebone ima Ethernet priključek, za priključitev kamere pa potrebujemo dodatni modul, ki je neprimerno dražji od modula za Raspberry Pi. Tudi sama naprava BeagleBone je dražja od naprave Raspberry Pi.

Razvijalci, ki razvijajo projekte s pomočjo naprave Raspberry Pi, imajo na voljo ogromno dokumentacije in programske opreme. To je predstavljalo dodaten razlog za izbiro mini računalnika Raspberry Pi.

### 4.1.3 Uporabniki

Uporabnike predstavljajo naprave, ki omogočajo povezovanje na centralni strežnik in s tem nadzor nad domom. Uporabniki lahko uporabljajo pametne telefone, tablice ali računalnike oziroma naprave, ki so zmožne prikazovanja spletnega vmesnika.

## 4.2 Funkcionalna zasnova sistema



Slika 4.2: Funkcijska zasnova sistema

Na sliki 4.2 je prikazana funkcijska zasnova sistema, ki ga bomo v nadaljevanju bolj podrobno predstavili.

### 4.2.1 Centralni sistem

Centralni sistem zagotavlja več funkcionalnosti. Sistem je zasnovan iz sledečih programskih modulov:

- Spletni API

Spletni API opravlja dve nalogi. Prva naloga spletnega API predstavlja kanal za komunikacijo med centralnim sistemom in končnimi napravami. Drugi naloga spletnega vmesnika pa je spreminjanje stanja sistema glede na uporabnikove akcije, ki se izvedejo na spletnem vmesniku.

- Spletni vmesnik

Spletni vmesnik predstavlja dostopno točko za uporabnika in mu omogoča pregled in nadzor nad končnimi uporabniki.

- Program za zajem in shranjevanje slike kamere končne naprave

Končne naprave imajo običajno majhne kapacitete za shranjevanje podatkov. Funkcionalnost za shranjevanje slike kamere končne naprave je tako prestavljena v centralni sistem, ki ponuja večjo kapaciteto za shranjevanje podatkov. Program bo lahko zajemal sliko kamere iz več končnih naprav.

- Podatkovno skladišče

Centralni sistem vsebuje tudi podatkovno skladišče, ki shranjuje stanja končnih naprav.

### 4.2.2 Končne naprave

Podporna končna naprava bo vsebovala tako imenovane senzorske programe, ki pridobivajo podatke iz priključenih senzorjev, prav tako pa tudi spletni strežnik, namenjen prikazovanju slike, pridobljene iz priključene kamere.

Senzorski programi bodo vključevali naslednje funkcionalnosti:

- Program za prikazovanje slike iz priključene kamere

Program bo pridobival slike iz priključene kamere in jih prikazoval na lastnem spletnem strežniku.

- Program za zaznavanje trenutne temperature

Zaznavano trenutno temperaturo bo program preko spletnega API-ja sporočil centralnemu sistemu.

- Program za zaznavanje premika

V primeru, da bo senzor premikanja zaznal premikanje, bo z uporabo spletnega API-ja le-to sporočil centralnemu sistemu.

- Program za zaznavanje odprtih vrat

Program za zaznavanje odprtih vrat bo deloval na enak način kot program za zaznavanje premika.

- Program za glasovne ukaze

Glasovni ukazi predstavljajo lažji način upravljanja s centralnim sistemom. Izgovorjeni ukazi se bodo lokalno interpretirali v tekstovni ukaz in bo nato preko spletnega API-ja sporočen centralnemu sistemu.

### 4.2.3 Uporabniki

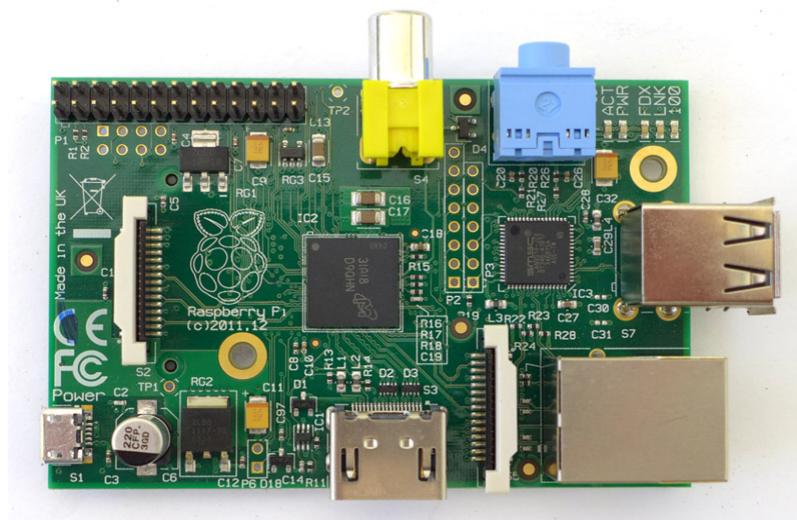
Uporabniki so ključni del vsakega sistema. V našem primeru uporabnika predstavlja spletni brskalnik, ki preko spletnega vmesnika omogoča nadzor in upravljanje sistema.



## Poglavje 5

# Implementacija sistema za nadzor doma in prikaz delovanja

### 5.1 Pregled ustrezne strojne opreme



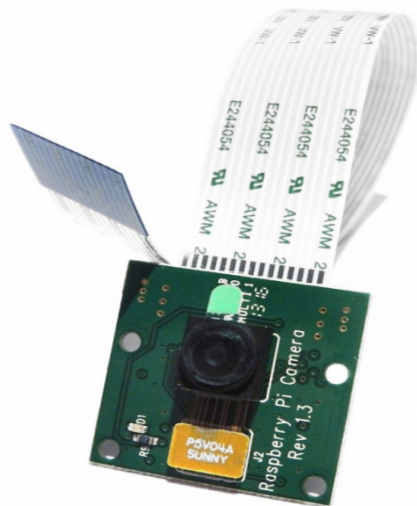
Slika 5.1: Raspberry Pi

Raspberry Pi je serija mini računalnikov v velikosti kreditne kartice[19]. Raz-

vili so jo pri fundaciji Raspberry Pi z namenom, da bi promovirali učenje osnov računalniške znanosti v razvijajočih državah. Razvili so že četrto generacijo naprave. V diplomski nalogi je uporabljena prva serija naprave. Vsaka naprava vsebuje sistem Broadcom na čipu, ki vsebuje procesor ARM in grafično procesno enoto. Histosti procesorja so od 700 Mhz (prva generacija) do 1.2 GHz (zadnja generacija). Poleg tega naprava vsebuje tudi pomnilnik, katerega količina je med 256 MB (prva generacija ) in 1 GB (zadnja generacija). Za trajni pomnilnik se uporablja kartica SD. Kartica SD vsebuje operacijski sistem. Za prikllop naprav ima naprava od enega do štiri vhode USB, izhod HDMI, video izhod in zvočni izhod. Za prikllop senzorjev in drugih naprav je na ploščici na voljo 26 vhodov oziroma izhodov GPIO. Poleg tega ima tudi priključek za Ethernet, v zadnji generaciji pa naprava vsebuje tudi brezžično povezavo (Wi-fi 802.11n) in modri zob (Bluetooth 4.1). Mini računalnik je prikazan na sliki 5.1

Po izbiri mini računalnika smo izbrali potrebne komponente, ki podpirajo upravljanje z mini računalnikom Raspberry Pi.

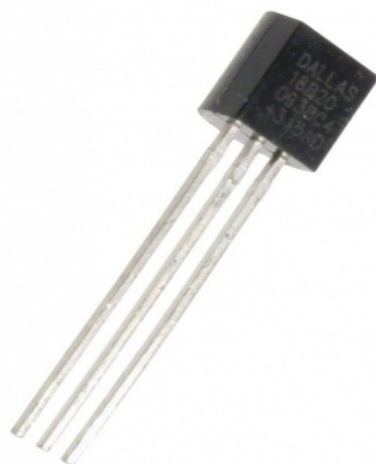
- Kamera Raspberry Pi



Slika 5.2: Modul za kamero

Modul za kamero, prikazan na sliki 5.2, vsebuje senzor ločljivosti 5 milijonov slikovnih točk in se preko priključka CSI (Camera Serial Interface) povezuje na mini računalnik Raspberry Pi.

- Senzor temperature (Temperature sensor)

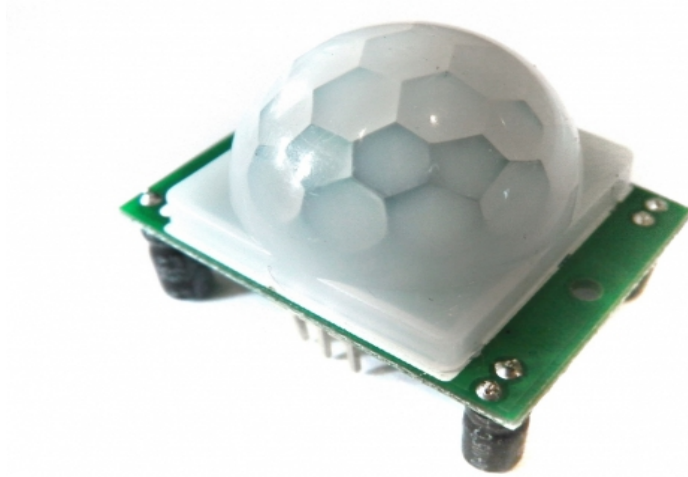


Slika 5.3: Senzor temperature

Senzor za merjenje temperature je na Raspberry Pi priključen preko vhodov GPIO (General Purpose Input Output). Senzor omogoča branje trenutne temperature in zmore zaznavati temperaturo z natančnostjo 0,5 stopinje Celzija med -10 stopinj Celzija in 85 stopinj Celzija. Senzor je prikazan na sliki 5.3.

- Senzor zaznavanja premika (Passive Infrared sensor)

Slika 5.4 prikazuje pasivni infrardeči senzor, ki omogoča zaznavanje premikov. Vsak objekt oddaja manjšo količino radiacije, vendar se pri premikanju oddaja večja količina, kar vpliva na izračunano povprečje stanja in posledično zaznano premikanje. Napajanje čipa je pridobljeno iz naprave Raspberry Pi, komunikacija pa poteka preko vhoda GPIO. Poleg tega čip vsebuje dva vrtljiva gumba za nastavitev zakasnitve



Slika 5.4: Senzor zaznavanja premika

pošiljanja signala (od 0,5 do 200 sekund) in nastavljivo mejo za zaznavanje. Čip lahko deluje na enem izmed dveh načinov. Prvi način sproži signal vsakič, ko zazna premikanje. Drugi način sproži signal, ko zazna premikanje, in sproži drugi signal, ko premikanja ne zaznava več.

- Luč

Luč Flux LED, prikazana na sliki 5.5, je opremljena s tehnologijo Wi-fi, zato omogoča povezovanje na dostopno točko. Uporabniki lahko nadzorujejo luč, ki omogoča sledeče:

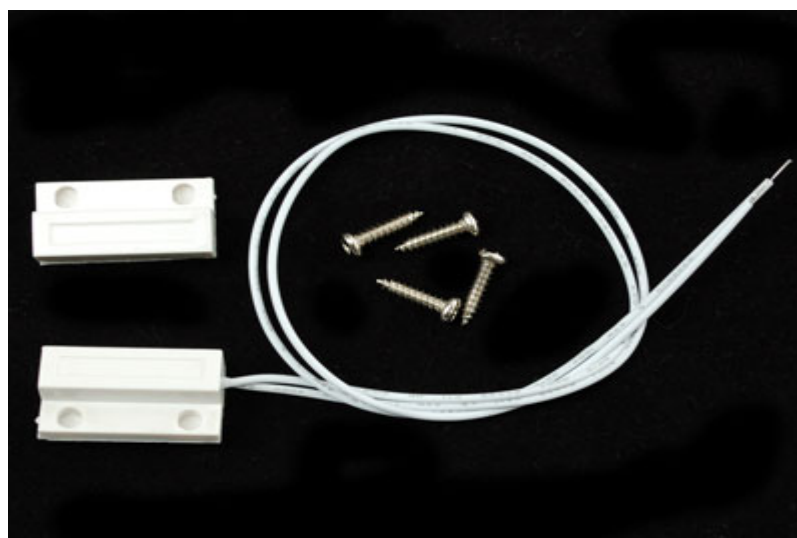
- nastavitve barve osvetljevanja,
- nadzor nad lučmi preko pametnega telefona ali tablice,
- časovnike za avtomatsko prižiganje luči,
- možnost ambientne osvetlitve.

- Senzor odprtih vrat

Na enem delu senzorja teče električni tok preko dveh žic. Ena od žic ima magnet. Na drugem delu senzorja je prav tako magnet. Ko sta oba



Slika 5.5: Flux LED luč, ki vsebuje Wi-fi tehnologijo



Slika 5.6: Senzor odprih vrat

dela skupaj, se zaradi magneta prekine električni tok. Na ta način lahko ugotovimo, kdaj so vrata odpra in kdaj zaprta. Senzor je prikazan na sliki 5.6.

- Logitech H650E Headset



Slika 5.7: slušalke z mikrofonom Logitech

Slušalke z mikrofonom Logitech so namenjene snemanju zvoka in so prikazane na sliki 5.7.

- Računalnik, ki bo deloval kot strežnik

## 5.2 Pregled uporabljene programske opreme

Za razvoj sistema nadzora pametne hiše smo uporabili sledečo programsko opremo.

- Operacijski sistem Linux

Na centralnem sistemu in podporni končni napravi je naložen operacijski sistem Linux, centralni sistem uporablja distribucijo Debian verzije 7, podporna naprava pa uporablja prilagojen operacijski sistem Raspbian (ta vrsta distribucije je namenjena napravi Raspberry Pi).

- Spletni strežnik Apache

Centralni sistem vsebuje spletni strežnik Apache, na katerem teče strežniški API in spletni vmesnik.

- Notepad++

Notepad++ je tekstovni urejevalnik, ki predstavlja nadgradnjo urejevalnika Notepad, ki je že vključen v operacijski sistem Microsoft Windows.

## 5.3 Implementacija programske opreme za strežnik

Na podlagi zasnove sistema za nadzor doma smo izdelali programsko opremo za strežnik, ki jo lahko razdelimo v 4 programske module.

- Spletni API

Spletni API je napisan v programskem jeziku PHP in omogoča sledeče metode:

- `increase_detection_number`

Ta metoda prebere trenutno stanje detekcij iz lokalne datoteke `detection.txt` in ga poveča za 1. Nova vrednost se nato ponovno zapiše v datoteko `detection.txt`

- `decrease_detection_number`

Funkcionalnost te metode je podobna zgornji, le da ta vrednost datoteke `detection.txt` zmanjša za 1.

- `write_temperature`

Metoda je namenjena zapisovanju trenutne temperature v podatkovno skladišče. Metoda preko argumenta `value` pridobi trenutno vredost temperature v prostoru in to zapiše v podatkovno bazo.

- `change_alarm_status`

Namen te metode je vklop ali izklop alarmnega sistema. Metoda uporablja dve stanji, ki ponazarjata status alarmnega sistema. V primeru, da je trenutno stanje vključen alarm (1), v lokalno datoteko `alarm.txt` zapiše vrednost 0. V primeru stanja izključenega alarma (0) pa v datoteko zapiše vrednost 1.

- `check_current_temperature`

Metoda preko zunanjega spletnega API-ja pridobi trenutno temperaturo ozračja v Ljubljani in le-to vrednost vrne klicatelju metode.

- `switch_light`

S pomočjo te metode izklapljamemo oziramo vklapljamemo luč. Metoda v prvem koraku prebere vrednost datoteke `light.txt`, ki ponazarja stanje luči, in preko uporabe programa `flux led` priključi oziramo izključi luč.

- Spletni vmesnik

Prikazovalna logika spletnega vmesnika je napisana v programskih jezikih HTML, CSS in Javascript. Funkcionalna logika pa je napisana v programskem jeziku PHP. Spletni vmesnik je sestavljen iz treh komponent. Eno komponento predstavlja slika kamere, drugo komponento predstavljajo senzorji, ki kažejo trenutno stanje, tretja komponenta pa je namenjena nadzoru sistema.

- Program za zajem in shranjevanje slike kamere končne naprave

Program vseskozi preverja vrednost datotek `detection.txt` in `alarm.txt`. Datoteka `detection.txt` predstavlja količino zaznanih vdorov (senzor premikanja in senzor za odprta vrata). Datoteka `alarm.txt` pa predstavlja trenutno stanje alarma. Vrednost 1 predstavlja, da je alarm vklopljen, vrednost 0 pa da je izklopljen. Poleg tega program preverja tudi interno stanje `recording`, ki je uporabljen za sledenje snemanja. Vrednost 1 ponazarja, da poteka zajem in shranjevanje slike kamere, vrednost 0 pa da ne poteka zajem. V primeru, da je trenutno stanje `recording` enako 0 vrednost stanja alarma 1 in vrednost zaznavanja vdorov večja od 1, prične program z zajemom slike iz spletnega vmesnika podporne naprave. zajeta slika se nato lokalno tako shrani da je dostopna preko spletnega vmesnika.



## 5.4 Uporaba in implementacija programske opreme za podporno končno napravo

Podporna končna naprava vsebuje programsko opremo za branje stanja senzorjev, prikaz slike priključene kamere ter zaznavanje in procesiranje glasovnih ukazov.

- Program za prikazovanje slike iz priključene kamere

Za prikazovanje slike na spletnem stežniku naprave je uporabljena programska oprema MJPEG-Streamer.

- Program za zaznavanje in procesiranje glasovnih ukazov

S pomočjo mikrofona in programa VoiceCommand lahko glasovne ukaze spremenimo v računalniške ukaze. Program preko mikrofona posname 10 sekund zvoka, ki se lokalno shrani. Ta zvočni posnetek se nato posreduje Googlovemu strežniku, ki glas pretvori v tekstovno obliko. Ukaz, ki je sedaj v tekstovni obliki, se primerja z uporabniško definiranimi ukazi in v primeru zadetka izvrši ukaz. Na voljo imamo dva ukaza, prvi je namenjen vklopu oziroma izklopu luči, drugi pa je namenjen vklopu oziroma izklopu alarmnega sistema.

- Program za branje trenutne temperature

Program vsakih 10 sekund prebere podatke s senzorja temperature, ki poda trenutno vrednost temperature ozračja. S pomočjo spletne metode API `write_temperature` centralnemu sistemu sporoči trenutno temperaturo.

- Program za zaznavanje premikanja

Program vseskozi čaka na signal senzorja, ki ponazarja, da je bilo zaznано premikanje. Nato z uporabo metode `increase_detection_number` sporoči strežniku, da je bilo zaznано premikanje. Ko senzor ne zaznava premikanja, program preko metode `decrease_detection_number` sporoči strežniku, da premikanje ni več zaznано.

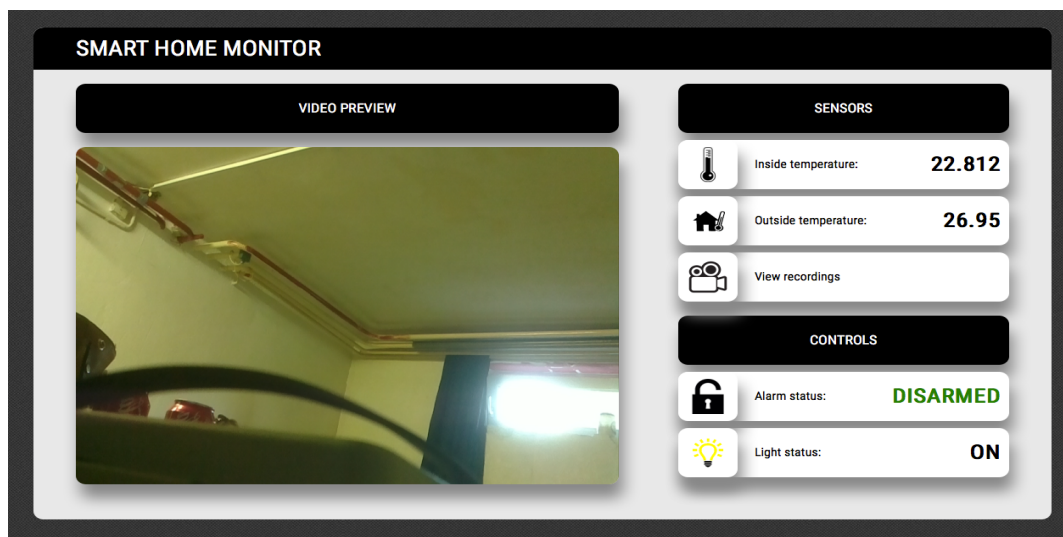
- Program za zaznavanje odprtih vrat

Program deluje na podoben način kot prejšnji, le da senzor napravi sporoča, ali so vrata odprta ali zaprta. Prenos podatkov na strežnik poteka preko metod, ki so uporabljene pri zaznavanju premikanja.

- Prilagoditve programa VoiceCommand

Priključen mikrofoni ni podpiral prave oblike branja digitalnega signala, ki ga je potreboval VoiceCommand. Pregledali smo formate, ki jih mikrofoni omogoča, in vnesli popravke v program. Poleg tega programska oprema flac, ki omogoča stiskanje in transformiranje zvočnih datotek, ki je uporabljena v programu VoiceCommand ni ustrezno delovala. Potrebna je bila prilagoditev pošiljanja zvočne datoteke na Googlov spletni strežnik.

## 5.5 Prikaz delovanja



Slika 5.8: Prikaz spletnega vmesnika

Slika 5.8 prikazuje osnovni pogled spletnega vmesnika in vključuje:

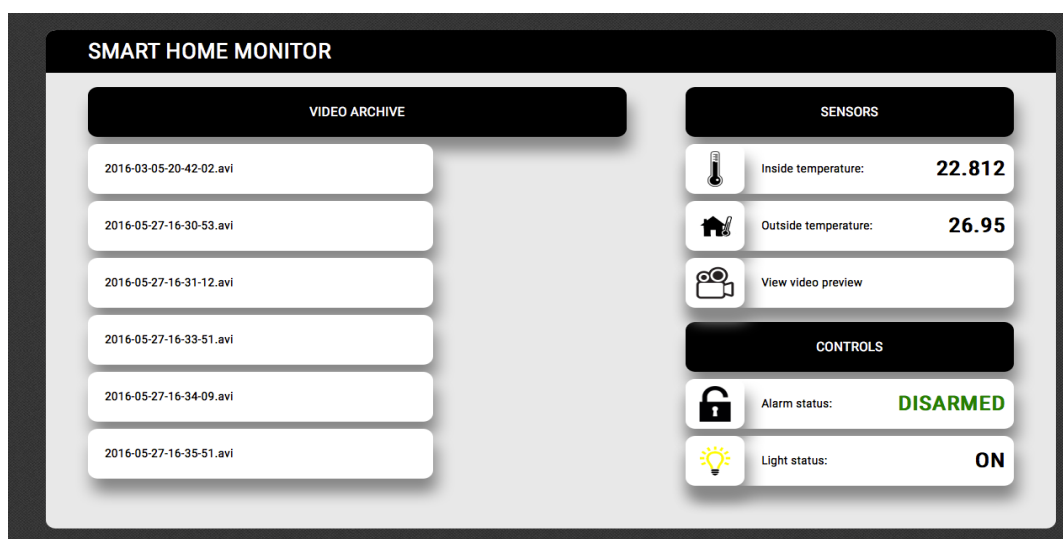
- pogled na sliko kamere, priključene na podporno končno napravo,
- prikaz temperature v hiši,
- prikaz zunanje temperature,
- odpiranje vmesnika za pregled preteklih posnetkov,
- stanje alarmne naprave,
- stanje luči.

Spletni vmesnik omogoča, da namesto slike, ki se samodejno osvežuje, pogledamo tudi video. To naredimo tako, da pritisnemo na sliko kamere, ki sproži akcijo in odpre predvajalnik za ogled videa v živo. To funkcionalnost prikazuje slika 5.9.



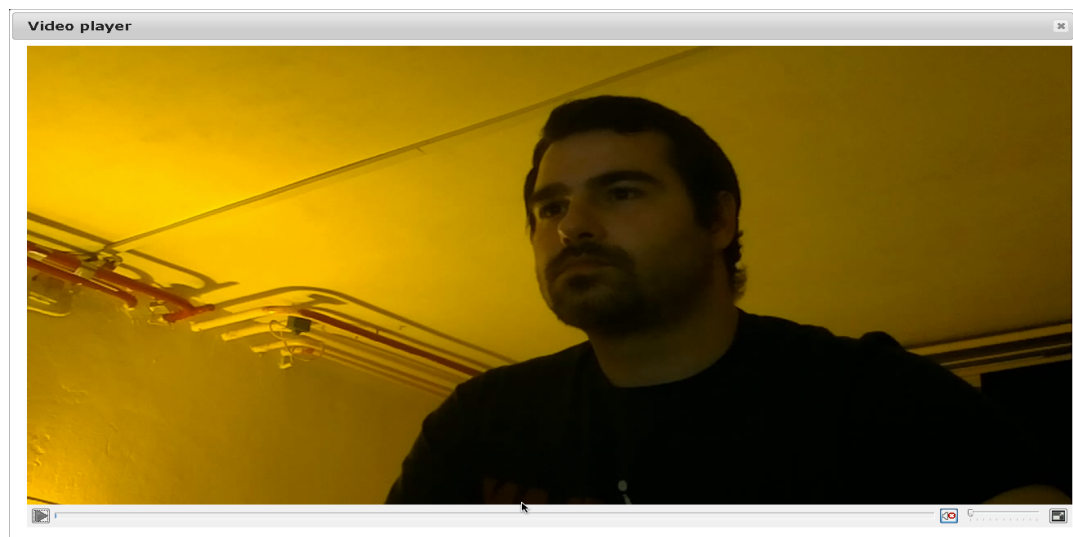
Slika 5.9: Ogled videa v živo

Posnetke, ki so nastali pri zaznanem premikanju ali zaznavanju odprtih vrat, si lahko ogledamo preko spletnega vmesnika. Pritisk na gumb View Recording bo prikazal datoteke preteklih posnetkov, kot je prikazano na sliki 5.10. Ime datoteke ponazarja čas in datum posnetka. S pritiskom na ime posnetka se odpre predvajalnik in predvaja izbran posnetek 5.11.



Slika 5.10: Vmesnik za posnetke

Poleg omenjenih funkcionalnosti spletni vmesnik ponuja še spreminjanje stanja alarmne naprave. S pritiskom na gumb stanja sistem alarm vključi ali izključi. Luč prav tako upravljamo na enak način. S pritiskom na stanje luči sistem prižge ali ugasne luč.



Slika 5.11: Ogled posnetka



## Poglavje 6

### Sklepne ugotovitve

Diplomsko delo prikazuje koncept, implementacijo in prikaz delovanja sistema na nadzor doma. Sistem vsebuje vse funkcionalnosti, ki smo si jih prvotno zastavili.

Vsak razvoj spremljajo tudi težave. S prvo težavo smo se srečali pri delovanju senzorja za zaznavanje gibanja. Senzor, kot že opisano, deluje v enem izmed dveh načinov. Prvi način delovanja proži signal za zaznano premikanje ob vsakem premiku, vendar ne sproži signala, ko gibanje ni več zaznano. Po pregledu dokumentacije senzorja smo spremenili način delovanja in od takrat je bilo njegovo delovanje ustrezno.

Na tržišču že obstajajo sistemi za nadgraditev klasične hiše v pametno hišo, vendar so ti praviloma dragi. Sistem, razvit skozi praktični del diplomske naloge, pa je cenovno ugodnejši, kar je tudi cilj diplomske naloge. Cenovna ugodnost prinaša tudi nekatere pomanjkljivosti sistema. V primeru, da bi potrebovali le sistem za nadzor temperature v različnih prostorih, je naš sistem dražji od konkurenčnih zaradi potrebe po mini računalniku za vsak priključni senzor.

Druga omejitev našega sistema je tudi število senzorjev, ki jih lahko pri-

ključimo na končno napravo. Mini računalnik ima le 26 priključkov GPIO, med katerimi so tudi priključki za napajanje in ozmeljitev, ki še zmanjšajo dejansko število vhodov, na katere lahko priključimo senzorje.

Sistem, ki smo ga razvili, je enostaven, zato imamo veliko možnosti za izboljšave. Trenutni sistem že zagotavlja dve ključni lastnosti pametne hiše, to sta večja varnost in udobje, če pa bi dodali še pametni sistem za nadzor nad ogrevanjem, prezračevanjem in hlajenjem (HVAC), potem bi imeli še zadnjo ključno lastnost pametne hiše, to je večja varčnost.

Seveda bi dobili večji nadzor nad celotno hišo z uporabo večjega števila končnih naprav, kar predstavlja še dodatno možnost izboljšave. S priključevanjem večjega števila končnih naprav pa bi bila potrebna izboljšava spletnega vmesnika. Spletni vmesnik bi dodatno lahko imel tudi tloris hiše, kar bi uporabnikom omogočilo boljši pregled nad hišo.

Pamet v pametni hiši predstavlja umetna inteligenca, ki spremlja uporabnikove navade in prilagaja hišo njegovim navadam. Z dodajanjem umetne inteligenca bi uporabniki sistema še dodatno pridobili na udobju.



# Slike

2.1	Shema modela komunikacije naprave z napravo . . . . .	6
2.2	Shema modela komunikacije naprave z računalniškim oblakom	7
2.3	Shema modela komunikacije naprave s preходом . . . . .	8
2.4	Shema modela komunikacije preko skupnih podatkov . . . . .	9
3.1	Pametna hiša . . . . .	15
3.2	Topologija omrežja Zigbee . . . . .	19
3.3	Topologija omrežja Z-wave . . . . .	20
3.4	Topologija omrežja Wi-fi . . . . .	21
4.1	Arhitekturna zasnova sistema . . . . .	26
4.2	Funkcijska zasnova sistema . . . . .	28
5.1	Raspberry Pi . . . . .	31
5.2	Modul za kamero . . . . .	32
5.3	Senzor temperature . . . . .	33
5.4	Senzor zaznavanja premika . . . . .	34
5.5	Flux LED luč, ki vsebuje Wi-fi tehnologijo . . . . .	35
5.6	Senzor odprih vrat . . . . .	35
5.7	slušalke z mikrofonom Logitech . . . . .	36
5.8	Prikaz spletnega vmesnika . . . . .	40
5.9	Ogled videa v živo . . . . .	41
5.10	Vmesnik za posnetke . . . . .	42
5.11	Ogled posnetka . . . . .	43



# Literatura

- [1] Google Trends  
[Online]. Dosegljivo:  
<https://www.google.com/trends/explore#q̄iotlong.txt>.  
[Dostopano 25. 3. 2016]
- [2] ITU-T, Overview of the Internet of things, Recommendation ITU-T Y.2060, junij 2012  
[Online]. Dosegljivo:  
[https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-E&type=items)  
[Dostopano 25. 3. 2016]
- [3] IEEE Internet Initiative, Towards a definition of the Internet of Things (IoT), maj 2015 [Online]. Dosegljivo:  
[http://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE\\_IoT\\_Towards\\_Definition\\_Internet\\_of\\_Things\\_Revision1\\_27MAY15.pdf](http://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf)  
[Dostopano 25. 3. 2016]
- [4] Dave Evans, The Internet of Things, april 2011 [Online]. Dosegljivo:  
[http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf) [Dostopano 25. 3. 2016]
- [5] Kevin Ashton, That Internet of Things Thing [Online]. Dosegljivo:  
<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>.  
[Dostopano 25. 3. 2016]

- 
- [6] Harald Sundmaeker, Patrick Guillemin, Peter Friess, Sylvie Woelffle: Vision and Challenges for Realising the Internet of Things, European Commission, marec 2010. Dosegljivo:  
<http://www.robvankranenburg.com/sites/default/files/Rob%20van%20Kranenburg/Clusterbook%202009-0.pdf>  
[Dostopano 20. 3. 2016]
- [7] Harald Sundmaeker, Patrick Guillemin, Peter Friess, Sylvie Woelffle: Vision and Challenges for Realising the Internet of Things, European Commission, marec 2010. Dosegljivo:  
<http://www.robvankranenburg.com/sites/default/files/Rob>  
[Dostopano 20. 3. 2016]
- [8] Hannes Tschofenig, Jari Arkko, Dave Thaler, Danny McPherson, Architectural Considerations in Smart Object Networking, marec 2015, ZDA. [Online]. Dosegljivo:  
<https://tools.ietf.org/html/rfc7452#section-2> [Dostopano 27. 3. 2016]
- [9] Protokol MQTT  
[Online]. Dosegljivo:  
<http://mqtt.org>  
[Dostopano 28. 3. 2016]
- [10] Nest  
[Online]. Dosegljivo:  
<https://developers.nest.com/documentation/cloud/architecture-overview>  
[Dostopano 28. 3. 2016]
- [11] Samsung Smart Hub  
[Online]. Dosegljivo:  
<http://www.samsung.com/levant/smarthub/>  
[Dostopano 28. 3. 2016]

- 
- [12] Vozlišče Samsung SmartThings  
[Online].Dosegljivo:  
<https://www.smartthings.com/products/hub>  
[Dostopano 28. 3. 2016]
- [13] Pametna ura Garmin Forerunner  
[Online].Dosegljivo:  
<https://buy.garmin.com/en-US/US/into-sports/running/forerunner-235/prod529988.html>  
[Dostopano 28. 3. 2016]
- [14] Diane J. Cook, Michael Youngblood, Edwin O. Heierman, III, Karthik Gopalratnam, Sira Rao, Andrey Litvin, Farhan Khawaja: MavHome: An Agent-Based Smart Home, University of Texas at Arlington, ZDA  
[Online].Dosegljivo:  
[https://www.researchgate.net/profile/G\\_Youngblood/publication/4011271\\_MavHome\\_An\\_Agent-Based\\_Smart\\_Home/links/5451065f0cf2bf864cba8691.pdf](https://www.researchgate.net/profile/G_Youngblood/publication/4011271_MavHome_An_Agent-Based_Smart_Home/links/5451065f0cf2bf864cba8691.pdf)  
[Dostopano 28. 3. 2016]
- [15] ZigBee  
[Online]. Dosegljivo:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>  
[Dostopano 29. 3. 2016]
- [16] Z-Wave  
[Online]. Dosegljivo:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Z-Wave>  
[Dostopano 29. 3. 2016]
- [17] Wi-fi  
[Online]. Dosegljivo:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>  
[Dostopano 29. 3. 2016]

[18] Web API

[Online].Dosegljivo:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_API](https://en.wikipedia.org/wiki/Web_API)

[Dostopano 1. 5. 2016]

[19] Raspberry Pi

[Online].Dosegljivo:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)

[Dostopano 1. 5. 2016]

[20] Arduino Uno

[Online].Dosegljivo:

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

[Dostopano 1. 5. 2016]

[21] BeagleBone Black Dosegljivo:

<https://beagleboard.org/black>

[Dostopano 1. 5. 2016]